



②

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

② Anmeldenummer: 93117812.3

④ Int. Cl. 5. **B23K 26/14**

② Anmeldetag: 03.11.93

③ Priorität: 30.11.92 DE 4240189

③ Erfinder: Herrmann, Johann

③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.94 Patentblatt 94/23

Fastlinger Ring 115
D-85716 Unterschleißheim(DE)

④ Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

④ Vertreter: Kasseckert, Rainer

⑤ Anmelder: Linde Aktiengesellschaft
Abraham-Lincoln-Strasse 21
D-65189 Wiesbaden(DE)

Linde Aktiengesellschaft,
Zentrale Patentabteilung
D-82049 Höllriegelskreuth (DE)

⑥ Verfahren zum Schweißen von Werkstücken mittels eines Laserstrahles und Laserschweißdüse.

⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schweißen von Werkstücken mittels eines fokussierten Laserstrahles, zumindest eines Hilfsgasstrahles und gegebenenfalls eines Arbeitsgasstrahles. Der Laserstrahl und gegebenenfalls das Arbeitsgas werden durch einen in einer Laserschweißdüse zentral angeordneten Düsenkanal (1) parallel auf die Werkstücke geführt, während das Hilfsgas durch einen oder mehrere Zusatzkanäle (2) derselben Laserschweißdüse strömen. Vorteilhafterweise verlässt das Hilfsgas die Laserschweißdüse mit einer größeren Austrittsgeschwindigkeit als das Arbeitsgas. Das Hilfsgas wird auf die Werkstücke, nicht aber unmittelbar auf die zu bearbeitende Schweißstelle geleitet, wobei das Hilfsgas neben einer Geschwindigkeitskomponente in Richtung der Laserstrahlung eine Geschwindigkeitskomponente aufweist, die tangential zur zentralen Öffnung in der Laserschweißdüse für Laserstrahl und Arbeitsgas gerichtet ist. Das Hilfsgas wird über mehrere Zusatzkanäle (2) unter einem Winkel zwischen 10° und 80° gegen die Werkstückoberfläche geleitet, wobei es über einen Ringkanal (3) in die Zusatzkanäle eingespeist wird. Die Laserschweißdüse besitzt bezüglich der Zusatzkanäle (2) Rotationssymmetrie, aber keine Achssymmetrie.

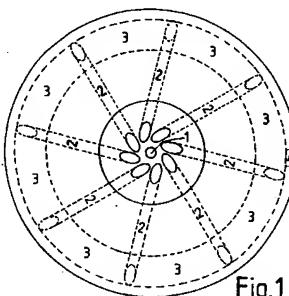


Fig. 1

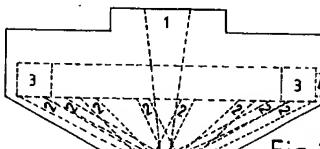


Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schweißen von Werkstücken mittels eines fokussierten Laserstrahles, zumindest eines Hilfsgasstrahles und gegebenenfalls eines Arbeitsgasstrahles.

Die Erfindung betrifft darüber hinaus eine Laserschweißdüse zum Schweißen von Werkstücken mittels eines fokussierten Laserstrahles, gegebenenfalls eines Arbeitsgasstrahles und zumindest eines Hilfsgasstrahles.

Wie in vielen Bereichen der Werkstückbearbeitung werden konventionelle Verfahren auch beim Schweißen durch Verfahren unter Einsatz von Lasern ersetzt.

Aus der deutschen Patentanmeldung P 39 26 781.4 ist bekannt, beim Laserschweißen unter Zusage eines Schutz- oder Arbeitsgases insbesondere bei Verschweißen von beschichteten Werkstücken mit einer Beschichtung mit einem unter dem Schmelzpunkt des Werkstückmaterials liegenden Verdampfungspunkt ein Hilfsgas zur Entgasung der verdampfenden Beschichtung zu verwenden. Der Laserstrahl trifft dabei senkrecht auf die Bearbeitungsstelle, während das Arbeitsgas durch eine separate Düse schräg gegen die Bearbeitungsstelle geführt wird. Das Hilfsgas wird durch zumindest eine flachwinklig zu den Werkstücken gerichtete Düse auf die Bearbeitungsstelle geführt. Dieses Verfahren bedingt einen erheblichen apparativen Aufwand und macht eine komplizierte und genaue Regelung erforderlich, da Laserstrahlung, Arbeitsgas und Hilfsgas jeweils einzeln durch baulich getrennte Kanäle bzw. Düsen geführt werden. Außerdem läßt es nur eine Bearbeitung in einer Richtung zu. Für eine nicht geradlinig verlaufende Schweißung müssen die Werkstücke und/oder Teile der Bearbeitungsanlage, insbesondere die Düsen für Arbeits- und Hilfsgas, gedreht werden.

In einigen Fällen werden beim Schweißen spezielle Überhöhungen der Schweißnaht gewünscht. Derartige Nahtüberhöhungen sind durch Laserschweißungen jedoch bislang nicht gezielt und im erforderlichen Maße kontrolliert und gleichmäßig herstellbar.

Der Erfahrung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art und eine Laserschweißdüse aufzuzeigen, die unabhängig von der Bearbeitungsrichtung und von der Materialart des Werkstückes eine hohe Bearbeitungsqualität beim Schweißen sicherstellen und die auch ein Schweißen mit kontrollierter Nahtüberhöhung ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Laserstrahl, das Hilfsgas und gegebenenfalls das Arbeitsgas durch eine einzige Laserschweißdüse auf die Werkstücke geführt werden.

Die Laserschweißdüse kann aus einem Stück gefertigt sein oder aus zu einer Laserschweißdüse zusammengebauten Einzelteilen bestehen.

Als Arbeitsgase können dabei alle für das Schweißen bekannte Arbeits- oder Schutzgase eingesetzt werden. Als Hilfsgase eignen sich Inerte oder reaktive Gase wie beispielsweise Luft, Sauerstoff, Stickstoff, Argon, Helium, CO₂ und/oder Gemische daraus.

Es sind ohne weiteres auch Laser-gestützte Schweißverfahren ohne den Einsatz eines Arbeitsgases denkbar. Diese sind insbesondere dann sinnvoll, wenn im Laserschweißkopf keine Fokusierlinse(n) oder andere vor auftreffenden Werkstückteilen durch das Arbeitsgas zu schützenden optischen Elemente für den Laserstrahl in Reichweite der von der Bearbeitungsstelle weggeschleuderten Werkstückteilen eingebaut sind. Dies ist in der Regel beim Einsatz von Umlenkspiegeln im oder über dem Bearbeitungskopf einer Laserschweißanlage der Fall.

Die Laserschweißdüse ist im Bearbeitungskopf einer Laserschweißanlage auswechselbar einge-25 baut. Daher sind bestehende Anlagen leicht auf das erfindungsgemäße Verfahren nachrüstbar. Das erfindungsgemäße Laserschweißverfahren zeichnet sich insbesondere durch eine richtungsunabhängige Bearbeitung aus. Damit werden schnelle und häufige Richtungswechsel beim Laserschweißen ermöglicht.

Vorteilhafterweise werden Laserstrahl und gegebenenfalls das Arbeitsgas durch einen zentral in der Laserschweißdüse angeordneten Düsenkanal und das Hilfsgas durch einen oder mehrere Zusatzkanäle der Laserschweißdüse geführt. Das Arbeitsgas trifft damit bei zu der Laserschweißdüsen spitze parallel liegenden Werkstücken senkrecht auf diese auf, während das Hilfsgas unter einem bestimmten Winkel auf die Werkstücke strömt. Besondere Vor-

teile sind im erfindungsgemäßen Verfahren dadurch erzielbar, daß das Hilfsgas mit einer größeren Austrittsgeschwindigkeit aus der Laserschweißdüse strömt als das Arbeitsgas. Damit wird direkt an der Schweißstelle ein Unterdruck erzeugt, der ein Ausgasen des Schweißbades unterstützt. Beim Schweißen mit hohen Laserleistungen bildet sich Plasma, das die Laserstrahlung teilweise absorbiert. Dadurch kann der Schweißprozess merklich beeinträchtigt oder gar unterbrochen werden. Der mit dem Hilfsgas erzeugte Unterdruck verdünnt das Plasma und führt zu einer Verringerung der Absorption der Laserstrahlung. Eine hohe Qualität der Schweißung wird damit gesichert. Außerdem ist durch die Vorgabe der Ausströmgeschwindigkeiten von Arbeitsgas und Hilfsgas der Unterdruck und damit eine gewollte Nahtüberhöhung steuerbar.

In Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Hilfsgas, vorzugsweise in mehreren

ren Hilfsgasstrahlen, auf das Werkstück, nicht aber auf die Bearbeitungsstelle des Werkstückes geleitet. Die Hilfsgasstrahlen reißen Gasatome und Gasmoleküle mit, so daß in dem Raum mitten unter der Laserschweißdüse und über den Werkstücken ein Unterdruck erzeugt wird. Damit kann zusätzlich die Entstehung einer Nahtüberhöhung unterstützt werden.

Bevorzugt weist das Hilfsgas neben einer Geschwindigkeitskomponente in Richtung der Mittellachse von Laserstrahl und gegebenenfalls Arbeitsgasstrahl eine Geschwindigkeitskomponente auf, die, senkrecht hierzu, tangential zur zentralen Öffnung in der Laserschweißdüse für Laserstrahl und gegebenenfalls Arbeitsgas gerichtet ist. Auf diese Weise wird um die Schweißstelle eine Drallströmung erzeugt.

Vorteilhafterweise wird das Hilfsgas unter einem Winkel zwischen 10° und 80°, vorzugsweise zwischen 40° und 80°, besonders bevorzugt zwischen 50° und 70°, bezüglich der Richtung der Mittellachse von Laserstrahl und gegebenenfalls des Arbeitsgasstrahles gegen die Werkstückoberfläche geleitet.

In Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Hilfsgas über einen Ringkanal in Zusatzkanäle eingespeist, bevor das Hilfsgas über diese Zusatzkanäle auf das Werkstück geleitet wird.

Die die Erfindung betreffenden Laserschweißdüse zum Schweißen von Werkstücken mittels eines fokussierten Laserstrahles, zumindest eines Hilfsgasstrahles und gegebenenfalls eines Arbeitsgasstrahles ist erfindungsgemäß mit einem zentral angeordneten Düsenkanal für Laserstrahl und gegebenenfalls das Arbeitsgas und zumindest einem Zusatzkanal für das Hilfsgas ausgestattet. Vorteilhafterweise sind um den zentralen Düsenkanal mehrere symmetrisch, aber nicht koaxial angeordnete Zusatzkanäle für das Hilfsgas eingebaut.

Die Zusatzkanäle sind erfindungsgemäß bezüglich der Mittellachse der Laserschweißdüse für Laserstrahl und gegebenenfalls für das Arbeitsgas rotationssymmetrisch, aber nicht achssymmetrisch bezüglich einer beliebigen Fläche durch die Mittellachse der Laserschweißdüse angeordnet. Durch diese Anordnung der Zusatzkanäle der Laserschweißdüse kann, unabhängig von der Schweißrichtung, aus dem Schweißbad oder der Dampfkapsel ausgasendes Material sofort seitlich weggeblasen werden. Gleichzeitig wird ein Unterdruck über der Bearbeitungsstelle erzeugt.

Die Form des zentralen Düsenkanals kann durch eingebaute Einsätze bestimmt und durch Austausch dieser Einsätze leicht verändert werden. Der zentrale Düsenkanal und/oder die Zusatzkanäle können in der Laserschweißdüse austauschbar eingebaut sind.

Vorteilhafterweise führt in Aufsicht in Richtung der Mittellachse der Laserschweißdüse die Verlängerung der Seitenwand eines Zusatzkanals tangential auf die zentrale Auftrittsöffnung für den Laserstrahl und gegebenenfalls für das Arbeitsgas. Diese

5 Anordnung ermöglicht beim Einsatz eines Arbeitsgases eine ungestörte Arbeitsgaszufuhr an die Bearbeitungsstelle, gewährleistet aber gleichzeitig durch das Hilfsgas eine von der Bearbeitungsstelle weggerichtete Strömung und die Erzeugung eines merklichen Unterdruckes an der Bearbeitungsstelle.

10 Bevorzugt weisen die Zusatzkanäle eine konstante Querschnittsfläche auf. Wegen ihrer einfachen Herstellung werden die Zusatzkanäle bevorzugt durch Bohrungen mit kreis- oder rechteckförmigem Querschnitt hergestellt.

15 In Ausgestaltung der Laserschweißdüse ist erfindungsgemäß symmetrisch um den zentralen Düsenkanal für den Laserstrahl und gegebenenfalls

20 für das Arbeitsgas ein Ringkanal für das Hilfsgas mit Zuleitung angeordnet, von dem die Zusatzkanäle zur Laserschweißdüsen spitze führen. Vorteilhafterweise enthält die Laserschweißdüse zumindest zwei, vorzugsweise vier bis acht, Zusatzkanäle. Erfindungsgemäß sind die Zusatzkanäle unter einem Winkel zwischen 10° und 80°, vorzugsweise zwischen 40° und 80°, besonders bevorzugt zwischen 50° und 70°, bezüglich der Mittellachse der Laserschweißdüse angeordnet.

25 30 Die Erfindung sei im folgenden anhand eines in zwei Figuren dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert.

Hierbei wird eine erfindungsgemäße Laserschweißdüse in:

35 Fig. 1 in Aufsicht und in
Fig. 2 in Seitenansicht gezeigt.

Die in Fig. 1 in Aufsicht und in Fig. 2 in Seitenansicht dargestellte Laserschweißdüse weist einen zentral angeordneten Düsenkanal 1 auf,

40 durch den der fokussierte Laserstrahl und das Arbeitsgas gegen die Schweißstelle der Werkstücke geführt werden. Der Laserstrahl wird durch eine nicht dargestellte Fokussierlinse gebündelt. Der Fokus der Laserstrahlung liegt dabei in der Regel unterhalb der Werkstückoberfläche (Bearbeitungsstelle). Er kann aber auch, insbesondere bei leistungsschwächer Laserstrahlung, auf einer Werkstückoberfläche oder oberhalb der Werkstücke liegen. Der Arbeitsgasstrahl wird direkt auf die Schweißstelle geleitet.

45 50 Neben dem zentral angeordneten Düsenkanal 1 enthält die Laserschweißdüse acht rotationssymmetrisch bezüglich der Mittellachse des zentralen Düsenkanals 1 angeordnete Zusatzkanäle 2. Wie in der Aufsicht in Fig. 1 deutlich erkennbar ist, sind diese Zusatzkanäle 2 in die Laserschweißdüse so eingebaut, daß eine gedachte Verlängerung jeweils der linken Seitenwand der Zusatzkanäle 2 tangential

al auf den Rand der Austrittsöffnung des zentralen Düsenkanals 1 führen würde. Der Neigungswinkel der Zusatzkanäle 2 gegenüber der Mittelachse des zentralen Düsenkanals 1 beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel 63°.

Das Hilfsgas wird über eine Zuleitung 4 und einen Ringkanal 3 in die Zusatzkanäle 2 eingespeist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schweißen von Werkstücken mittels eines fokussierten Laserstrahles, zumindest eines Hilfsgastrahles und gegebenenfalls eines Arbeitsgasstrahles, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl, das Hilfsgas und gegebenenfalls das Arbeitsgas durch eine einzige Laserschweißdüse auf die Werkstücke geführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Laserstrahl und gegebenenfalls Arbeitsgas durch einen zentral in der Laserschweißdüse angeordneten Düsenkanal und das Hilfsgas durch einen oder mehrere Zusatzkanäle der Laserschweißdüse geführt werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsgas mit einer größeren Austrittsgeschwindigkeit aus der Laserschweißdüse strömt als das Arbeitsgas.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsgas nicht auf die Schweißstelle geleitet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsgas neben einer Geschwindigkeitskomponente in Richtung der Mittelachse von Laserstrahl und gegebenenfalls des Arbeitsgasstrahles eine Geschwindigkeitskomponente aufweist, die, senkrecht hierzu, tangential zur zentralen Öffnung in der Laserschweißdüse für Laserstrahl und gegebenenfalls für das Arbeitsgas gerichtet ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsgas unter einem Winkel zwischen 10° und 80°, vorzugsweise 40° bis 80°, besonders bevorzugt 50° bis 70°, bezüglich der Richtung der Mittelachse von Laserstrahl und gegebenenfalls des Arbeitsgasstrahles gegen die Werkstückoberflächen geleitet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Hilfsgas über einen Ringkanal in die Zusatzkanäle eingespeist wird.
8. Laserschweißdüse zum Schweißen von Werkstücken mittels eines fokussierten Laserstrahles, zumindest eines Hilfsgastrahles und gegebenenfalls eines Arbeitsgasstrahles, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserschweißdüse mit einem zentral angeordneten Düsenkanal (1) für den Laserstrahl und gegebenenfalls für das Arbeitsgas und zumindest einem Zusatzkanal (2) für das Hilfsgas ausgestattet ist.
9. Laserschweißdüse nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß um den zentralen Düsenkanal (1) mehrere symmetrisch, aber nicht koval entgegengesetzte Zusatzkanäle (2) für ein Hilfsgas eingebaut sind.
10. Laserschweißdüse nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzkanäle (2) bezüglich der Mittelachse des zentralen Düsenkanals (1) für den Laserstrahl und gegebenenfalls für das Arbeitsgas (Mittelachse der Laserschweißdüse) rotationssymmetrisch, aber nicht achsensymmetrisch bezüglich einer beliebigen Fläche durch die Mittelachse der Laserschweißdüse angeordnet sind.
11. Laserschweißdüse nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in Aufsicht in Richtung der Mittelachse der Laserschweißdüse eine gedachte Verlängerung der Seitenwand eines Zusatzkanals (2) tangential auf die Berandung der Austrittsöffnung des zentralen Düsenkanals (1) für Laserstrahl und gegebenenfalls für das Arbeitsgas führt.
12. Laserschweißdüse nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Zusatzkanäle (2) eine über ihre Länge konstante Querschnittsfläche aufweisen.
13. Laserschweißdüse nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß symmetrisch um den zentralen Düsenkanal (1) ein Ringkanal (3) für das Hilfsgas mit Zuleitung (4) angeordnet ist, von dem die Zusatzkanäle (2) zur Laserschweißdüsen spitze führen.
14. Laserschweißdüse nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Zusatzkanäle (2) unter einem Winkel zwischen 10° und 80°, vorzugsweise zwischen 40° und 80°, besonders bevorzugt zwis-

schen 50° und 70°, bezüglich der Mittelachse
der Laserschweißdüse angeordnet sind.

15. Laserschweißdüse nach einem der Ansprüche
9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die
Laserschweißdüse vier bis acht Zusatzkanäle
(2) enthält.

5

16. Laserschweißdüse nach einem der Ansprüche
9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die
Form des zentralen Düsenkanals (1) bestim-
mende Einsätze in den zentralen Düsenkanal
eingebaut sind.

10

17. Laserschweißdüse nach einem der Ansprüche
9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der
zentrale Düsenkanal (1) und/oder die Zusatzka-
näle (2) in der Laserschweißdüse austauschbar
eingebaut sind.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

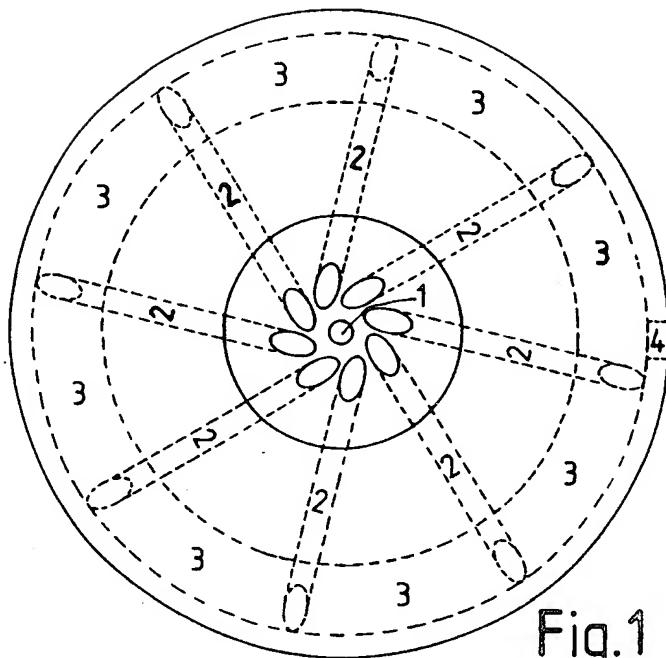


Fig.1

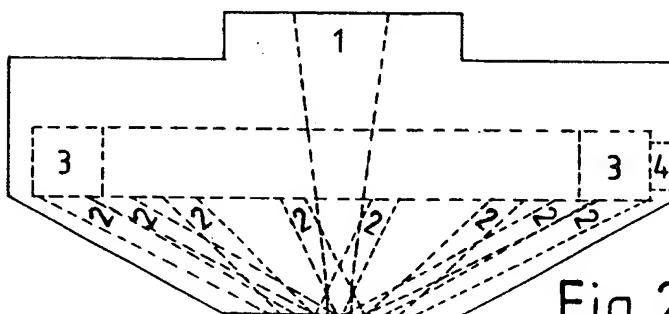


Fig.2



Europäisches
Patentamt

EUROPAISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 93 11 7812

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	B23K26/14			
X	GB-A-2 064 399 (LASER WORK A.G.) * Seite 1, rechte Spalte, Zeile 93 - Seite 2, rechte Spalte, Zeile 129; Abbildungen 1-5 *	1,2,7,8	B23K26/14			
X	DE-A-39 35 009 (INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES) * Spalte 3, Zeile 1 - Spalte 5, Zeile 31; Abbildungen 1-4 *	1,8				
X	US-A-4 467 171 (T. J. RAMOS) * Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 3, Zeile 51; Abbildungen 1,2 *	1,7,8				
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 11, no. 269 (M-621) 2. September 1987 & JP-A-62 072 495 (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 3. April 1987 * Zusammenfassung *	1,8				
D,A	DE-A-39 26 781 (FRAUNHOFER - GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG EV) * Ansprüche 1-8; Abbildungen 1-3A *	1	RECHERCHIERTE SACHGEHEITE (Int.Cl.5) B23K			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt						
Rechercherter	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer				
BERLIN	7. März 1994	Wunderlich, J				
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE						
X : von besonderer Bedeutung als Basis betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorie oder Grundzüge					
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jederzeit an oder nach der Anmeldung angeführtes Dokument ist					
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument					
O : nichtöffentliche Offenbarung	L : aus anderem Grunde angeführtes Dokument					
P : Zwischenliteratur	△ : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument					